

# 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau  
von Makro bis Nano /  
Mechanical Engineering  
from Macro to Nano**

**Proceedings**

Fakultät für Maschinenbau /  
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

## Impressum

Herausgeber:	Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
Redaktion:	Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten Andrea Schneider  Fakultät für Maschinenbau Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte, Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß, Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges, Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer, Dipl.-Ing. Silke Stauche
Redaktionsschluss: (CD-Rom-Ausgabe)	31. August 2005
Technische Realisierung: (CD-Rom-Ausgabe)	Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau Dipl.-Ing. Christian Weigel Dipl.-Ing. Helge Drumm Dipl.-Ing. Marco Albrecht
Technische Realisierung: (Online-Ausgabe)	Universitätsbibliothek Ilmenau <a href="#">ilmedia</a> Postfach 10 05 65 98684 Ilmenau
Verlag:	 Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V. Werner-von-Siemens-Str. 16 98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe):	3-932633-98-9	(978-3-932633-98-0)
ISBN (CD-Rom-Ausgabe):	3-932633-99-7	(978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:  
<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

T. Maaß / H. Töpfer / M. Katzschmann / M. Brazcek

## **Durchgängiger Entwurf von Embedded-Linux-Steuerungen für mechatronische Direktantriebe**

### **ABSTRACT**

Integrierte Direktantriebe sind Paradebeispiele mechatronischer Systeme mit hoher Komplexität und Heterogenität. Durch die zunehmende Attraktivität bzw. Notwendigkeit des Einsatzes solcher Antriebslösungen, aufgrund hoher dynamischer Forderungen bei immer höherer Präzision, ist vor allem auch die Industrie an durchgängigen und effizienten Entwurfsabläufen interessiert. Im Vortrag wird beschrieben, wie durch den Einsatz von CAD/FEM-basierter elektromagnetischer Auslegung der Aktoren, modellbasierten Regelungsentwurf und generischer Steuercode-Erzeugung für echtzeitfähiges eingebettetes Linux diesen Anforderungen entsprochen werden kann.

### **KONSTRUKTIVE GESTALTUNG UND ELEKTROMAGNETISCHE AUSLEGUNG**

Die am IMMS neu entwickelte Planarantriebsgeneration besteht u.a. aus einer speziellen Anordnung von elektrodynamischen Antriebs- und aerostatischen Führungselementen, sodass ein kompaktes integriertes Direktantriebssystem entsteht (Abb.1). Die notwendige Verdrehsperre des in der Ebene frei beweglichen Läufers wird durch die Antriebselemente mit realisiert.

Die notwendige Mehrfachanordnung der Antriebselemente erfordert die Organisation einer Kommutierung. Die Dimensionierung der Antriebselemente erfolgt mit dem FEM-Programm MAXWELL2D auf der Basis der CAD-Daten.

Umfangreiche Simulationen und Parameterstudien dienen der Optimierung der Spulen- und Magnetgeometrien. Im Ergebnis konnten ortsabhängig Kraftverlauf, Kommutierungsfunktion und Verlustleistung in Abhängigkeit von Spulen- und Magnetgeometrie ermittelt werden. Durch parametrisches Konstruieren mit gängiger CAD-Software sind Optimierungen an der Konstruktion effizient und iterativ möglich.

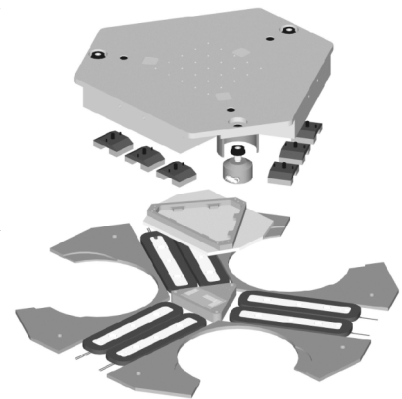


Abbildung 1: Explosivansicht Direktantriebssystem

### **REGELUNGSENTWURF / CODEGENERIERUNG**

Das vorliegende Antriebssystem kann als kontinuierliches Mehrgrößensystem angesehen werden. Als zweckmäßiger Modellierungsansatz der Systemdynamik hat sich die

Zustandsraumdarstellung bewährt. Zustände sind sowohl Position und Geschwindigkeit, sowie Endstufen- und Messsystemgrößen. Auf der Basis des diskretisierten Modells wird eine nichtlineare Zustandsregelung entworfen. Diese besteht aus Kalmanbeobachter, Ricattiregler und Begrenzern. Durch die Verknüpfung blockorientierter, graphischer Problembeschreibung mit generischer Codeerzeugung steht nach einmaliger Anpassung des Codegenerators an vorhandene Steuerungshardware ein effektives und praktikables Entwicklungswerkzeug zur Verfügung. Als Werkzeug kommt vorzugsweise MATLAB/SIMULINK zum Einsatz. Mit Hilfe der Real-Time-Workshop Toolbox und entsprechenden Anpassungen kann aus SIMULINK-Modellen automatisch C-Code für Linux mit RTAI-Echtzeiterweiterung generiert werden.

### REALISIERUNG DER STEUERUNG

Ausgehend von produkttechnischen Randbedingungen wurde das echtzeitfähige Linux-Steuermodul auf einem lüfterlosen Single-Board Computer (Abb.2) realisiert. Die Hard- sowie die anwenderseitigen Softwarekomponenten sind in [2] beschrieben. Die verwendete VIA-C3-CPU (667 MHz) erwies sich als performant genug, um im 200µs-Takt den Regler-Task samt AD-Wandlung vorzunehmen. Die Kommunikation des Steuermoduls mit dem Nutzer erfolgt über eine web-basierte Client - Server Schnittstelle, sodass der Nutzer über einen Standard-Web-Browser Informationen über das Antriebssystem erhalten und Anforderungen senden kann.

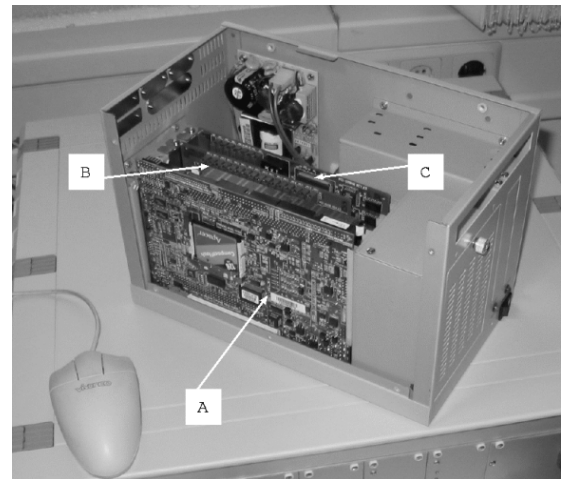


Abbildung 2: Realisierte Steuereinheit:  
A - SingleBoardPC, B - D/A-Karte, C - A/D-Karte

Der durchgängige und aufeinander abgestimmte Einsatz spezifischer CAE-Software verbindet effektiv verschiedene Entwurfsdomänen. Somit ist nun mit der Echtzeit-Linux-Steuerung eine flexible Zielplattform für Anwendungen in der Automatisierungstechnik verfügbar.

#### Literatur- bzw. Quellenhinweise:

[1] [www.rtai.org](http://www.rtai.org)

[2] Töpfer, H.; Schröder, Ch.: Dynamische, mechatronische Motorsteuerung, Elektronik 9(2004), S. 86-89

#### Autorenangabe(n):

Dipl.-Ing. Torsten Maaß  
IMMS gGmbH, Ehrenbergstrasse 27  
98693, Ilmenau  
Tel.: +49(0)3677-6955-64  
Fax: +49(0)3677-6955-15  
E-mail: [torsten.maass@imms.de](mailto:torsten.maass@imms.de)